心理学报 2018, Vol. 50, No.1, 47−57
Acta Psychologica Sinica DOI: 10.3724/SP.J.1041.2018.00047

同伴在场和自尊水平对青少年冒险行为的影响：来自 ERPs 的证据*

田录梅 袁竞驰 李永梅
(山东师范大学心理学院，济南 250358)

摘 要 采用事件相关电位(ERP)技术，探讨同伴在场与自尊水平对青少年冒险行为的影响。实验采用气球模拟风险任务(BART)，比较不同条件下青少年冒险行为量的差异。结果发现：(1) 同伴在场时青少年冒险行为更多，比无同伴在场诱发的 N1、P3、LPP 波幅更大；(2) 高自尊青少年更加冒险，且诱发的 P3、LPP 波幅更大；(3) 同伴在场与自尊的交互作用显著，仅高自尊青少年的同伴在场效应明显，诱发出更大波幅的 N1、P3、LPP 成分。结果提示，同伴在场时高自尊的青少年更可能参与一些非消极的冒险行为，这可能是因为他们对冒险中的奖赏信息更敏感、更兴奋、趋近动机更强。

关键词 冒险行为；同伴在场；自尊；青少年；事件相关电位
分类号 B844; B845

1 问题提出

冒险行为(risk-taking behavior)是指可以为个体带来显著收益同时也有潜在可能导致消极后果的行为(Ben-Zur & Zeidner, 2009)。理论上冒险行为有积极、消极之分(Hansen & Breivik, 2001)，前者如滑雪、跳伞等挑战性运动，后者如药物滥用、危险驾驶等不被社会许可的行为。但无论是积极冒险还是消极冒险都可能对青少年身体健康造成极大威胁(Fischer, Kastenmüller, & Asal, 2012)，而且与成年人相比，青少年往往不顾危害性后果而参与更多诸如吸烟之类的消极冒险行为(Chein, Albert, O'Brien, Uckert, & Steinberg, 2011; Weigard, Chein, Albert, Smith, & Steinberg, 2014)。因此青少年的冒险行为受到了各个领域研究者的关注，探讨冒险行为的影响因素及其机制成为必要。

同伴是影响青少年冒险行为的重要因素(Brechwald & Prinstein, 2011)。以往研究已经注意到青少年冒险行为多发生于同伴环境中(Albert & Steinberg, 2011)，与没有同伴在场相比，同伴在场时青少年的冒险行为明显增多(Chein et al., 2011; Smith, Chein, & Steinberg, 2014; Smith, Steinberg, Strang, & Chein, 2015; Weigard et al., 2014)。例如，Chein 等(2011)设计了模拟冒险行为的“红绿灯任务”，要求青少年在电脑上控制一辆汽车用尽可能短的时间到达终点，当汽车行驶至十字路口且遇到黄灯时要决定汽车是继续前行还是刹车，继续前行是一种冒险行为，可以节约时间但也可能发生撞车从而造成时间浪费，结果发现同伴在场时青少年冒险行为更多。在 Smith 等(2014)的研究中，有一个圆盘上会呈现几种不同颜色、不同面积的区域和一个转动的指针，其中每种颜色都有特定收益或损失的含义，区域面积代表不同结果的可能性。游戏开始后指针转动并落在某一区域，游戏开始前被试要决定是否开始此局游戏。结果发现当青少年认为自己正在被同伴观察时，即使明知指针停留在收益区域的概率很小也会选择冒险。那么，青少年为何如此易受同伴影响？Logue, Chein, Gould, Holliday 和

收稿日期：2017-02-24
* 山东省自然科学基金面上项目(ZR2014CM016)资助。
通信作者：田录梅，E-mail: tianlumei@sina.com

Steinberg (2014)认为同伴在场为青少年提供了一种特殊的社会线索，使其不自觉地将自己在冒险任务中的表现与同伴评价联系起来，通过更多的冒险展现出自己的勇敢和自信，让同伴给予自己高度评价，并以此获取更多同伴接纳和同伴影响力。Sherman, Payton, Hernandez, Greenfield 和 Dapretto (2016)则提出了“量化社会认同”的概念——在社交媒体中青少年偏爱那些同伴分享的、被大量点赞的内容，即使分享涉及吸毒、饮酒等冒险行为，青少年也会对其持支持态度。可见，青少年非常看重与同伴间的人际关系，可能会通过大量参与冒险行为以获得同伴认同。

自尊(self-esteem)是另一影响个体冒险行为的重要变量，指个体对自我能力和自我价值的态度看法(Rosenberg, 1965)。以往传统研究表明低自尊与青少年吸烟(Hale, Perrotte, Baumann, & Garza, 2015)、吸毒(Wu, Wong, Shek, & Loke, 2014)等消极冒险行为相关，但这些研究大多是横断的问卷调查，无法得出因果性结论，而且所探讨的冒险行为消极属性(即“损失”)明显。少数实验研究对自尊与冒险行为的关系进行了探讨但非常有限。例如, McElroy, Seta 和 Waring (2007)采用亚洲疾病任务分别从收益和损失框架考察了不同自尊水平个体的冒险行为差异，结果表明低自尊个体倾向于关注低收益或高损失，并力求回避冒险。Josephs, Larrick, Steele 和 Nisbett (1992)的类似研究则表明只有在收益框架下高自尊的个体才比低自尊个体更加冒险，损失框架下则是低自尊个体更冒险。上述研究提示高自尊个体更倾向于收益明显的积极冒险而低自尊个体更倾向于损失明显的消极冒险。然而，冒险行为中的奖赏和损失往往是相对平衡的(Moore & Gullone, 1996)，对个体最有利的选择是同时增加奖赏和减少损失，这种情况下到底是高自尊者还是低自尊者更冒险尚不清楚，应该同时从追求奖赏和规避损失两个方面来理解其冒险行为。从追求奖赏的角度看，高低自尊者对奖赏的敏感度不同。高自尊者倾向于夸大自己的优点，认为自己有足够能力获得奖赏(Cavallo, Holmes, Fitzsimons, Murray, & Wood, 2012; Danielsson & Bengtsson, 2016)，而低自尊者往往否认自己的能力，缺乏追求奖赏成功的动力(Cavallo et al., 2012)。从规避损失的角度说，低自尊者对负面评价更为敏感(Critcher & Dunning, 2015; 李海江等, 2013)，他们害怕损失会威胁到自我价值，在冒险情境中更多表现出规避反应(Cavallo et al., 2012; 杨娟, 2009)，而高自尊者则更多运用自我服务策略减轻损失带来的心理伤害(Beer, 2014; Jordan et al., 2013)，对冒险行为的规避反应也较少(Gibbons, Eggleston, & Benthin, 1997)。总之，无论从追求奖赏还是规避损失的角度，高自尊者都比低自尊者更有可能冒险，尤其是当这些冒险行为并不具有明确的消极属性甚至为社会所许可(如滑冰、登山等)时(田录梅，夏大勇，李永梅，单楠，刘翔, 2016)。

然而，青少年冒险行为的这些影响因素可能并非独立发生作用，而是存在交互影响。问题行为理论(problem-behavior theory, Jessor, 1987)即指出个体冒险受到人格系统与环境系统的交互影响。回顾以往相关研究，其大多局限于比较不同外部条件下同伴在场对冒险行为的影响差异(如 Silva, Chein, & Steinberg, 2016; Smith et al., 2014; Weigard et al., 2014)，缺少对人格与同伴因素交互作用的考察。青少年虽然易受外部环境影响，但其对影响因素的易感性却存在个体差异(Schriber & Guyer, 2016)，具有某种特质的青少年可能更容易受同伴在场影响，从而放大同伴对冒险行为的助长效应。但是，同伴在场对青少年冒险行为的影响是否因人而异以及是何种差异尚不清楚，因此有必要进一步考察同伴在场增加青少年冒险行为的个体调节变量。

自尊水平与人际关系知觉有关，很可能就是同伴在场影响青少年冒险行为的一个调节变量。根据自尊的社会计量器理论(sociometer theory, Leary & Baumeister, 2000)，个体的人际关系状况会通过自尊反映出来。当被他人接纳时状态自尊就会提高，被他人拒绝时状态自尊就会下降，久而久之，状态自尊发展为稳定的特质自尊，高自尊个体由于经常被人们赞赏认同，因而他们更期待得到他人赞赏(Marshall, Parker, Ciarrochi, & Heaven, 2014; Bernichon, Cook, & Brown, 2003)，而低自尊个体则对他人的正面评价缺少反应(Marigold, Cavallo, Holmes, & Wood, 2014)。结合之前同伴在场效应的论述可以推断，只有对高自尊青少年来说在场同伴才可能算是“附加奖赏”，起到增加冒险行为的作用，而对低自尊青少年来说在场同伴则可能缺乏奖赏线索作用，其对冒险行为的影响也会降低甚至消失。

此外，上述有关研究大都属于行为方面的研究证据，同伴在场、自尊对青少年冒险行为影响的神经生理机制尚不明确。根据冒险行为的双系统模型

(dual systems model, Steinberg, 2008, 2010), 青少年大脑奖赏寻求系统发育较早并且比较突然, 而认知控制系统的冲动抑制能力提高缓慢, 直到 25 岁还没结束, 正是这两个系统成熟时间的差距导致了青少年期冒险行为高发(Steinberg, 2008; Strang, Chein, & Steinberg, 2013)。换言之, 同伴在场能增加青少年冒险行为与奖赏寻求有关的社会情绪系统激活有关(Chein et al., 2011; Duell et al., 2016), 这可能体现在事件相关电位(ERP)在不同时间进程的变化上, 但目前关于同伴在场、自尊水平影响青少年冒险行为的 ERP 证据非常欠缺, 关于二者交互作用的证据更是罕见。不同于 fMRI 等高空间分辨率技术, ERP 具有高时间分辨率的特点, 借此可以进一步了解青少年对冒险信息加工在不同时间阶段的特点。例如, 早期 N1 成分与特定目标的视觉注意有关, 个体对注意目标投入的认知资源越多或越感兴趣则 N1 波幅越大(van der Lubbe & Woestenburg, 1997), 窦凯、聂衍刚、王玉洁、黎建斌和沈汪兵(2014)的研究就发现, 风险决策中被试投入的注意资源越多, 早期成分 N1 波幅越大。中期成分 P3 是与个体奖赏加工过程中的情绪体验有关的成分(Harper, Malone, & Bernat, 2014; 周平艳等, 2014), 其波幅越大表明个体对奖赏的情绪体验越强烈(Goldstein et al., 2008), Wu 和 Zhou (2009)的研究表明, 被试在得知自己获得金钱奖赏时会伴随明显的 P3 成分, P3 与奖赏结果期待有关。晚期正成分 LPP (late positive potentials)则与奖赏趋近动机有关(Marini, Marzi, & Viggiano, 2011), 有研究者认为 LPP 波幅反映了动机强度(Schupp et al., 2000), 在一项情绪启动实验(Zhang, Li, Gold, & Jiang, 2010)中, LPP 仅在正性词语配对中出现, 作者认为 LPP 反映了积极情绪或趋近动机增加, 而与消极回避动机无关。这些研究提示, 青少年的冒险行为差异可能会体现在不同时间进程中的 ERP 成分上, 而早期成分 N1、中期成分 P3 和晚期成分 LPP 可能分别表征了青少年在冒险信息加工过程中早期的注意投入、中期的奖赏期待和后期的趋近动机。因此, 我们将分别选取 N1、P3 和 LPP 在脑电水平上考察青少年冒险行为的差异及其影响因素。

总之, 本研究将运用 ERP 技术考察同伴在场、自尊水平对青少年冒险行为的影响, 并假设同伴在场和高自尊会助长冒险行为, 且二者存在交互作用, 即同伴在场对高自尊青少年冒险行为的助长作用明显, 但对低自尊青少年冒险行为的助长作用较弱甚至消失。

2　方法

2.1　被试

对山东师范大学 216 名大一学生(处于青少年中晚期)进行自尊量表(SES)施测, 根据 SES 得分高低以 27%为标准进行自尊分组, 共筛选出高、低自尊被试各 54 人, 其中高自尊者得分在 32~36 分之间, $M = 33.73$, $SD = 1.45$, 低自尊者得分在 15~27 分之间, $M = 24.71$, $SD = 2.58$。在参加了后续实验的 34 名有效被试中, 高自尊组的自尊得分显著高于低自尊组($t(32) = 16.03$, $p < 0.001$, Cohen's $d = 5.65$), 说明自尊分组有效。34 人中, 男生 20 人, 女生 14 人, 平均年龄 17.79 ± 0.77 岁, 高/低自尊组内又各被随机分为有/无同伴在场两组, 共 4 组。有/无同伴在场被试的自尊得分无显著差异, $t(32) = 0.33$, $p > 0.05$; 4 组被试年龄亦无显著差异, $F(3,30) = 0.02$, $p > 0.05$。4 组被试的分布情况见表 1。所有被试均为右利手, 视力或矫正视力正常, 无精神病史。

2.2　实验任务、材料

2.2.1　气球模拟风险任务

气球模拟风险任务(Balloon Analogue Risk Task, BART)由 Lejuez 等(2002)开发设计。本研究对其进行了汉化处理, 使之符合实验要求。实验程序用 Eprime 2.0 软件编写。实验任务开始后计算机屏幕中央会呈现一个干瘪的气球, 屏幕一侧呈现两个信息框, 分别记录临时积分(当前气球所获积分)和永久积分。任务要求被试给 30 个气球充气, 每个气

表 1　四组被试的分布情况

组别	性别		年龄		SES 得分	
	男生	女生	区间	$M \pm SD$	区间	$M \pm SD$
有同伴在场的高自尊组($n = 7$)	5	2	[17, 19]	17.86 ± 0.69	[32, 36]	34.29 ± 1.70
无同伴在场的高自尊组($n = 9$)	5	4	[17, 19]	17.78 ± 0.67	[33, 36]	34.89 ± 1.27
有同伴在场的低自尊组($n = 9$)	5	4	[17, 20]	17.78 ± 1.09	[15, 27]	24.22 ± 3.63
无同伴在场的低自尊组($n = 9$)	5	4	[17, 19]	17.78 ± 0.67	[21, 27]	24.11 ± 2.37

球可充气 1 至 30 次，充气后气球会变大，但也可能会爆炸，爆炸点随机。被试可以选择：(1)给气球充气(按键盘 J 键)，每充气一次气球会变得大一些，同时被试获得 0.05 临时积分奖励，积分可以累积，但气球也可能会爆炸，若气球爆炸则被试所获临时奖励清零；(2)在气球爆炸之前停止充气并按键盘 F 键获取所有临时积分，此时临时积分将会转为永久积分并且不会损失。无论气球爆炸还是停止充气，当前气球任务都会结束，屏幕自动呈现下一个气球充气任务(参见图 1)。该任务以 BART 值(BART 值 = 总累计充气数/未爆炸气球数)衡量冒险行为程度，作为行为数据，BART 值越大表明被试越倾向于冒险。在指导语部分，被试被告知实验完成后将依据其永久积分兑换相等数额金钱奖励，所以积分的获得或丢失模拟了冒险情境中的奖赏和损失。以往国内外研究均表明 BART 是测量冒险行为的有效工具(DeMartini et al., 2014; 窦凯，聂衍刚，王玉洁，黎建斌, 2014)。

2.2.2 Rosenberg 自尊量表

采用 Rosenberg (1965)编制、季益富和于欣(1994)修订的中文版自尊量表。该量表共包含 10 道题目，采用李克特 4 点计分(存在反向计分)。其中第 8 题不适合测量中国人自尊(田录梅, 2006)，故将此题目删除。剩余 9 道题目总得分在 9~36 分之间，得分越高表明自尊水平越高。本次测量的 Cronbach's α 系数为 0.83。

2.3 实验程序

参照 O'Brien, Albert, Chein 和 Steinberg (2011)的做法，在实验之前首先对被试随机分组。在有同伴在场组，要求被试自带一名同性别且年龄相当的同伴一同前来参加实验，并告知被试同伴会坐在其身后观察到其所有实验表现。在无同伴在场组，被试独自一人完成实验任务。

实验采取个别施测。实验在配备 NeuroScan 公司专业 ERP 设备的实验室进行，准备工作完成后，被试佩戴 64 导电极帽坐在椅子上，双眼平视 17 英寸电脑显示器，距屏幕约 80 cm，屏幕分辨率为 1024×768 pixel，呈现刺激界面约为 800×600 pixel，水平视角约 24°，垂直视角约 20°。实验开始后，被试首先根据指导语学习任务流程以及按键操作，并进入练习实验阶段，练习实验要求被试给 10 个气球充气。待被试练习完成且确认理解实验后进入正式实验阶段。实验完成后根据被试的永久积分兑现金钱奖励并对被试表示感谢。

2.4 实验设计与数据分析

采用 2(有无同伴在场：有/无)×2(自尊水平：高/低)的被试间实验设计，因变量为 BART 值(行为数据)和相关脑电成分波幅。数据分析采用 SPSS 22.0 软件，方差分析不满足球形假设时用 Greenhouse-Geisser 方法校正。

2.5 脑电数据记录与分析处理

采用 NeuroScan4.5 软件进行脑电数据收集和分析。在线记录使用按照国际 10-20 扩展系统的 64 导电极帽，将参考电极安置于左侧乳突，右侧乳突记录电位，离线分析转换为双侧乳突平均值为参考。同时记录右水平眼电(HEOG)和垂直眼电(VEOG)。滤波带通为 0.01~100 Hz，采样频率为 500 Hz，被试头皮阻抗均小于 5 kΩ。为满足叠加

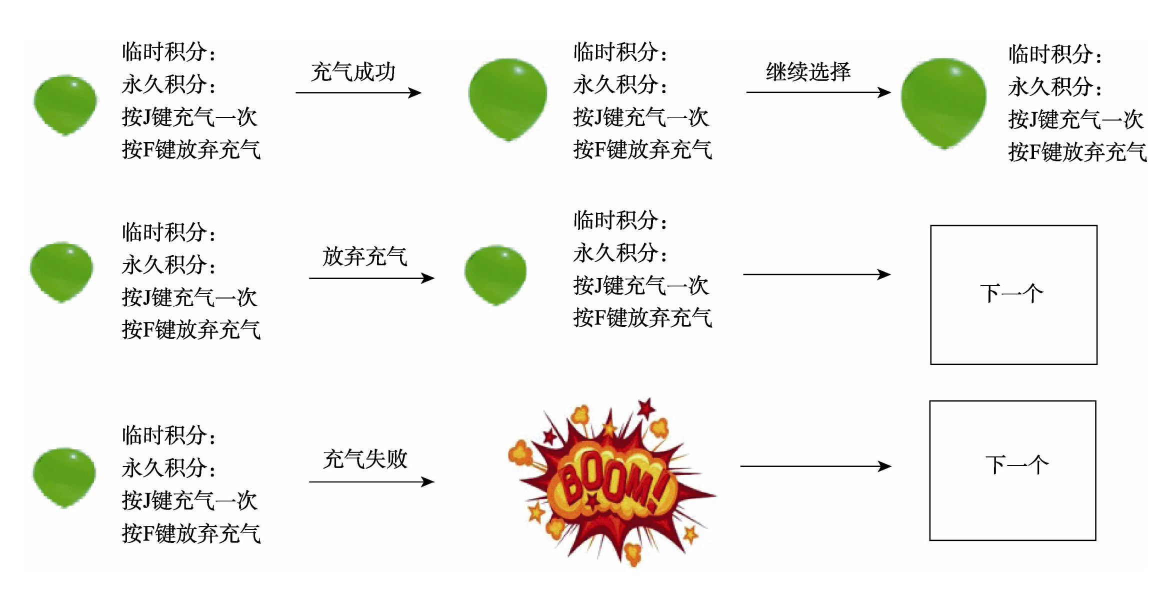


图 1 BART 任务示意图

ERP 的需要，在 BART 任务中设置 Mark 标记，每个 Mark 标记时间从气球呈现开始至按键反应结束，持续时间 3s，叠加次数在 30~80 次之间，平均叠加次数 62 次。

实验完成后对数据进行离线分析。步骤包括去除眼电伪迹、分段、基线校正、去除其他伪迹、叠加平均等。其中分段选择时程为 900 ms，以刺激界面出现之前的 100 ms 作为基线时间。波幅大于± 75 μv 的数据被当作其他伪迹剔除，最后采用 30 Hz 低通滤波处理。参考以往文献(Goldstein et al., 2008; Sato et al., 2005; Thiruchselvam, Blechert, Sheppes, Rydstrom, & Gross, 2011; Urretavizcaya et al., 2003), N1 成分选择头皮中间位置 CZ 及临近区域 C3、C4 记录，P3 成分选择中线 FZ、CZ、PZ 位置记录，LPP 选择顶叶区域 CPZ、CP1、CP2 记录。

3　结果

由于不同年龄青少年对冒险行为的敏感性可能会有差异，故首先进行相关分析，结果表明年龄与 BART 值相关不显著(r = 0.17, p > 0.05)，与 N1、P3、LPP 平均波幅相关均不显著(rs > 0.003, ps > 0.09)，因此以下分析未对年龄进行控制。不同实验条件下的平均 BART 值见表 2。

表 2　不同实验条件下的平均 BART 值与标准差

实验条件	累计吹气数	未吹爆气球数	BART 值
有同伴在场	303.90 ± 57.96	14.15 ± 1.96	21.47 ± 1.52
无同伴在场	273.12 ± 55.62	14.20 ± 2.77	19.32 ± 1.31
高自尊	302.92 ± 85.32	14.30 ± 3.48	21.25 ± 1.64
低自尊	274.10 ± 30.78	14.05 ± 1.54	19.55 ± 1.28
有同伴在场的高自尊组	333.40 ± 52.41	14.60 ± 1.67	22.86 ± 1.53
无同伴在场的高自尊组	272.44 ± 79.46	14.00 ± 1.78	19.84 ± 0.70
有同伴在场的低自尊组	274.40 ± 36.89	13.70 ± 1.62	20.09 ± 0.58
无同伴在场的低自尊组	273.80 ± 23.68	14.40 ± 1.55	19.01 ± 1.66

3.1　行为结果

以 BART 值为因变量进行 2×2 方差分析，同伴在场的主效应显著，$F(1, 30)$ = 16.93, p < 0.001, η_p^2 = 0.48；自尊的主效应显著，$F(1, 30)$ = 13.97, p < 0.001, η_p^2 = 0.39；自尊与同伴在场的交互效应也显著，$F(1, 30)$ = 4.49, p < 0.05, η_p^2 = 0.13。进一步简单效应分析表明，对高自尊个体来说，同伴在场对冒险行为的助长作用显著，$F(1, 31)$ = 7.41, p < 0.05；对低自尊个体来说，同伴在场对冒险行为影响不显著，$F(1, 29)$ = 1.80, p > 0.05。结果如图 2 所示。

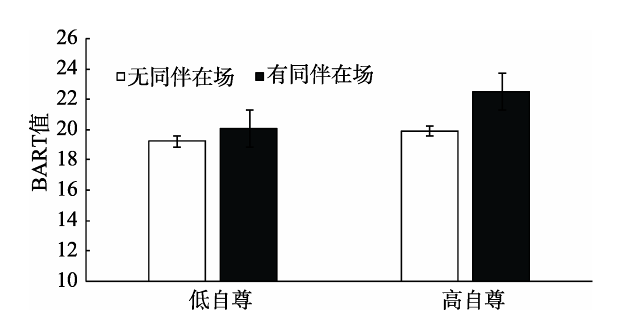


图 2　有/无同伴在场时高低自尊青少年在冒险任务中的 BART 值

3.2　ERP 结果

3.2.1　早期成分 N1

以 50~150 ms 为窗口时间探测波峰值。2(有无同伴在场：有/无)×2(自尊：高/低)×3(电极点：C3、CZ、C4)重复测量方差分析结果显示，同伴在场的主效应显著，$F(1, 30)$ = 10.28, p < 0.01, η_p^2 = 0.21；自尊的主效应不显著，$F(1, 30)$ = 2.69, p > 0.05, η_p^2 = 0.05；电极点的主效应不显著，$F(2, 60)$ = 0.41, p > 0.05, η_p^2 < 0.01；自尊×同伴在场的交互效应显著，$F(1, 30)$ = 6.20, p < 0.05, η_p^2 = 0.13；其余二项、三项交互作用均不显著，Fs (2, 60) < 1.05, p > 0.36。为进一步分析自尊×同伴在场的简单效应，将 3 个电极点的峰值取平均作为 N1 波幅。简单效应分析表明，对高自尊个体来说，同伴在场条件下 N1 波幅更大，$F(1, 31)$ = 11.16, p < 0.01；对低自尊个体来说，同伴在场对 N1 波幅无显著预测作用，$F(1, 31)$ = 0.14, p > 0.05。平均波幅与脑地形图见图 3、图 4。

3.2.2　中期成分 P3

以 250~400 ms 为窗口时间探测波峰值。2(有无同伴在场：有/无)×2(自尊：高/低)×3(电极点：FZ、CZ、PZ)重复测量方差分析结果显示，同伴在场的主效应显著，$F(1, 30)$ = 11.17, p < 0.01, η_p^2 = 0.19；自尊的主效应显著，$F(1, 30)$ = 12.07, p < 0.01, η_p^2 = 0.21；电极点的主效应显著，$F(2, 60)$ = 12.43, p < 0.001, η_p^2 = 0.27, Bonferroni 校正的事后分析结果表明，P3 在 CZ 点的波幅显著小于 FZ 和 PZ 点，ps < 0.01，说明额区(FZ)与顶区(PZ)是 P3 的主要来源。自尊×同伴在场的交互效应显著，$F(1, 30)$ = 4.93, p < 0.05, η_p^2 = 0.08；其余二项、三项交互作用均不显著，Fs (2, 60) < 3.02, ps > 0.05。为进一步分析自尊×同

有同伴在场+高自尊　　无同伴在场+高自尊

有同伴在场+低自尊　　无同伴在场+低自尊

图 3　有/无同伴在场时高低自尊青少年在冒险任务中的波形图

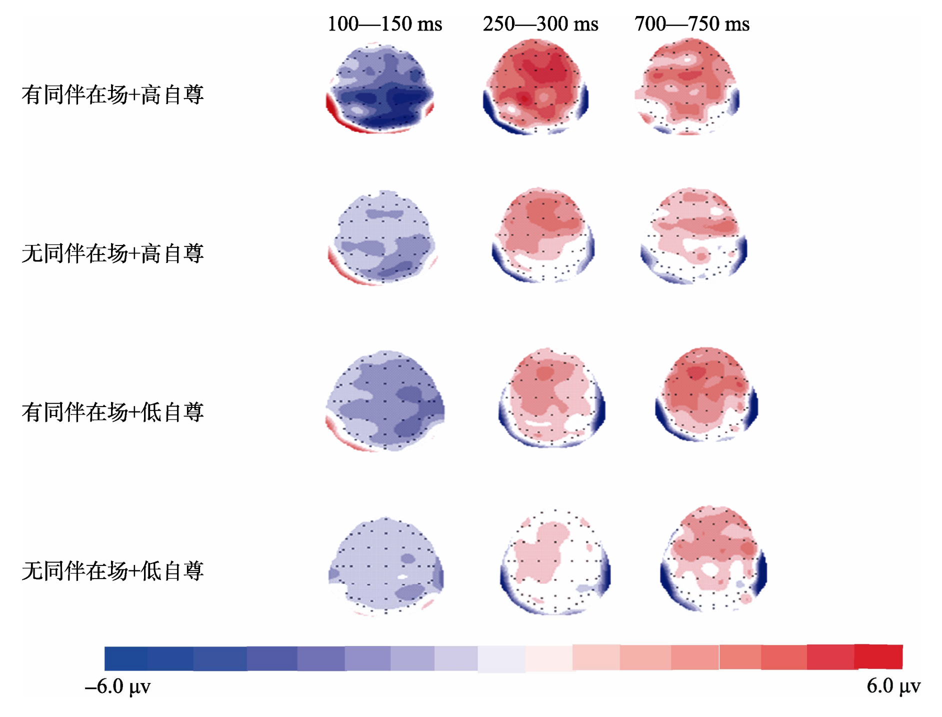


图 4　有同伴在场/无同伴在场时高低自尊青少年在冒险任务中的脑地形图

注：彩图见电子版

伴在场的简单效应, 将 3 个电极点的峰值取平均作为 P3 波幅。简单效应分析表明, 对高自尊个体来说, 同伴在场条件下 P3 波幅更大, $F(1, 31) = 6.02$, $p < 0.05$; 对低自尊个体来说, 同伴在场对 P3 波幅无显著作用, $F(1, 31) = 0.20$, $p > 0.05$。平均波幅与脑地形图见图 3、图 4。

3.2.3 晚期成分 LPP

以 300~800 ms 为窗口时间探测波峰值。2(有无同伴在场: 有/无)×2(自尊: 高/低)×3(电极点: CP1、CPZ、CP2)重复测量方差分析结果显示, 同伴在场的主效应显著, $F(1, 30) = 13.28$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.22$; 自尊的主效应显著, $F(1, 30) = 10.97$, $p < 0.01$, $\eta_p^2 = 0.19$; 电极点的主效应不显著, $F(2, 60) = 0.85$, $p > 0.05$, $\eta_p^2 = 0.03$; 自尊×同伴在场的交互效应显著, $F(1, 30) = 4.85$, $p < 0.05$, $\eta_p^2 = 0.08$; 其余二项、三项交互作用均不显著, $Fs\ (2, 60) < 0.85$, $p > 0.43$。为进一步分析自尊×同伴在场的简单效应, 将 3 个电极点的峰值取平均作为 LPP 波幅。简单效应分析表明, 对高自尊个体来说, 同伴在场条件下 LPP 波幅更大, $F(1, 31) = 7.24$, $p < 0.05$; 对低自尊个体来说, 同伴在场对 LPP 波幅无显著作用, $F(1, 31) = 0.46$, $p > 0.05$。平均波幅与脑地形图见图 3、图 4。

4 讨论

4.1 同伴在场、自尊对青少年冒险行为的影响: 行为结果

与以往研究结果(Chein et al., 2011; O'Brien et al., 2011; Weigard et al., 2014)以及本研究假设一致, 本研究也发现了同伴在场对青少年冒险行为的助长效应。一种可能的解释是同伴在场为青少年提供了一种无形奖赏, 促使他们为了奖赏而去冒险。对青少年来说, 他们十分关心同伴对自己的看法, 希望获得同伴的认可, 为此甚至不惜对冒险行为持赞同态度以“取悦”同伴(Sherman et al., 2016)。同伴在场为青少年提供了一种特殊的社会线索(Chein et al., 2011; Logue et al., 2014), 实际上并没有真实的同伴评价存在, 但青少年依然能将这些线索“现实化”, 认为同伴会认可自己的冒险行为。青少年对同伴评价的这种高度敏感性可能源于青少年期大脑社会情绪系统的迅速成熟, 使其对社交线索过度敏感(Casey, Jones, & Hare, 2008; Steinberg, 2008)。

青少年冒险行为的另一影响因素是自尊, 无论是从风险寻求还是风险规避角度考虑, 高自尊青少年有更多冒险行为, 尤其是无明显消极属性的冒险行为。本研究结果支持了这一假设。高自尊者对自身能力的自信一方面会使青少年忽视冒险行为中的潜在伤害(例如相信自己驾驶技术足够好而不佩戴摩托车头盔), 从而减少风险规避。另一方面, 高自尊青少年可能也会有展现自己能力的强烈欲望, 并试图通过冒险获得成功奖赏。需要指出的是, 以往有研究发现低自尊青少年有更多吸烟(Hale et al., 2015)、吸毒(Wu et al., 2014)等冒险行为, 同时也有研究发现高自尊青少年有更多不安全性行为(Connor, Poyrazli, Ferrer-Wreder, & Grahame, 2004)及滑雪、跳伞等社会认可的冒险行为(田录梅等, 2016)等。这种分歧可能与冒险行为的类型或性质有关。低自尊青少年参与更多吸烟、酗酒等不被社会认可的消极冒险行为, 而高自尊青少年参与更多社会认可的冒险行为(田录梅等, 2016)。本研究中的气球充气行为的社会评价意义较小, 甚至在很大程度上是社会可以认可的行为, 因此, 高自尊个体有更大的参与可能。

尽管同伴在场为青少年冒险提供了奖赏线索(Logue et al., 2014), 但其效果因人而异。本研究发现同伴在场只能增加高自尊青少年的冒险行为, 对低自尊青少年则影响不大。如前所述, 与低自尊个体相比, 高自尊个体对自己评价更加积极, 渴望他人能认可、赞美自己的优点(Bernichon et al., 2003), 而低自尊个体通常把自己的成功归因于外部因素, 即使是他人的正面评价也很难改善其自我认知, 这使得低自尊个体对他人的正面评价几乎不作期待。故只有对高自尊青少年来说在场同伴才能激发其冒险的表现欲望, 低自尊青少年则较为保守和退缩。

4.2 同伴在场、自尊对青少年冒险行为的影响: 来自 ERPs 的证据

4.2.1 早期奖赏注意阶段: N1

N1 成分被认为是反映了个体对刺激的早期注意, 个体对目标投入的注意资源越多 N1 波幅越大(van der Lubbe & Woestenburg, 1997)。与行为结果相一致, 本研究中同伴在场诱发了更大波幅的 N1 成分, 说明同伴在场使青少年对冒险中的奖赏信息更加关注。如果青少年在同伴观察下能够通过冒险获得物质奖赏, 那么其收获的可能不仅是物质奖赏, 还有来自同伴赞美的心理奖赏, 从而使冒险行为中奖赏的价值提高, 奖赏与损失的相对平衡被打破, 使得青少年对冒险损失有所忽视转而更关注奖赏。与行为结果不一致的是, 本研究未发现自尊的主效

应，这可能是因为 N1 作为典型的外源成分，更易受到有/无同伴在场这类外源刺激的影响，而对高/低自尊这种需要自上而下的内源性注意则不敏感。

4.2.2 中期情绪加工阶段：P3

P3 波幅被认为与金钱奖赏的神经反应有关，高金钱奖励诱发高 P3 波幅(Goldstein et al., 2008; Wu & Zhou, 2009)。本研究发现同伴在场时青少年对冒险信息加工时 P3 波幅增加，结合 N1 成分的讨论可以推断，同伴在场增加了冒险行为中奖赏的价值，也使得青少年对奖赏的加工较损失加工占据优势。Chein 等(2011)的 fMRI 研究亦发现同伴在场使青少年在冒险任务中的奖赏回路活动增强。同样，冒险行为对高自尊青少年也更具奖赏意义，大 P3 波幅表明他们对奖赏加工同样经历了情绪兴奋过程。高自尊的青少年本来就有更为积极的情绪体验，加之对冒险行为中的奖赏信息更为敏感，从而体验到了更为强烈的情绪反应。另外，本研究还发现 P3 波幅在头皮额区(FZ)与顶区位置(PZ)显著大于中央位置(CZ)，这与 fMRI 的相关研究结果(Chein et al., 2011)也基本吻合，因为青少年前额叶的多巴胺系统以及顶区附近的情绪系统都与奖赏加工有关(周丽华，张晓贤，2012)，这说明自尊、同伴在场对青少年冒险行为的影响很可能也是通过这些区域的奖赏加工优势实现的。

4.2.3 后期动机唤醒阶段：LPP

晚期成分 LPP 一般在刺激后 300 ms 左右开始出现，可持续至整个刺激过程(约 6s)，(Thiruchselvam et al., 2011)。有研究者认为，LPP 波幅与刺激情绪效价无关，但却与情绪唤醒程度有关，刺激越具有动机意义，其诱发的 LPP 越大(Schupp et al., 2000)。尽管 Schupp 等(2000)指出正负情绪均可诱发 LPP 波，但就目前研究看 LPP 与积极情绪或趋近动机相关更强，例如，Langeslag, Jansma, Franken 和 van Strien (2007)的研究中，由爱人面孔所诱发的 LPP 波幅显著大于朋友、陌生人的面孔；Zhang 等(2010)亦发现积极情绪刺激诱发 LPP 波幅显著大于消极情绪。本研究在刺激呈现后晚期(700 ms 后)探测到了一个正向电位，对其平均波幅的分析同样表明，同伴在场、自尊的主效应显著，LPP 波幅更大，高自尊青少年的同伴效应同样体现在 LPP 波幅上。这个结果说明同伴在场、自尊不仅影响奖赏加工过程中的情绪体验，还会驱动个体为了获得奖赏而去冒险。如前所述，同伴在场增加了冒险行为中奖赏的价值，而高自尊者对奖赏信息更为敏感、情绪体验更为积极，为了获得奖赏，他们就会更加冒险，即对冒险信息表现出高趋近动机。

4.3 本研究的意义与局限

总之，从行为数据看，同伴在场和自尊水平对青少年的冒险行为都有主效应和交互效应；从脑电数据看，同伴在场的主效应及其与自尊的交互效应不仅是显著的，而且可发生在被试对刺激加工的任何阶段，体现为对冒险信息的注意→兴奋→趋近动机加工过程，但自尊的主效应仅发生在早期注意阶段和晚期动机唤醒阶段，说明同伴在场会使青少年更加注意冒险中的奖赏成分，其情绪变得更兴奋，从而更趋近奖赏信息和表现冒险，高自尊的青少年有类似表现，而且二者表现出叠加效应，即同伴在场时高自尊的青少年更加冒险。这些结果对于未来研究及其教育实践都具有重要启发意义。尽管以往研究十分强调同伴、自尊在青少年发展中的有利作用，但其影响是辩证的，在某些冒险领域，同伴在场和高自尊可能并不是有利因素，需要引导青少年努力克服同伴在场的消极效应，培养抵制诱惑的能力和品质。

虽然本研究采用 ERP 技术探讨了同伴在场、自尊对青少年冒险行为的影响，但出于实验操纵的方便性本研究所使用的模拟冒险任务并无明显的效价属性，而大多以往研究都是对青少年消极冒险行为(如危险驾驶)的考察，导致在研究结果比较时要格外慎重，未来研究可考虑设计更有效价属性(消极或积极)的冒险任务以弥补这一不足。另外，本研究只关注了同伴在场对青少年冒险行为影响中的奖赏加工过程，那么同伴在场是否还会降低青少年自我控制过程？这一问题还有待于未来研究的进一步探讨。最后，本研究的被试是 18 岁左右的大一学生，属于青少年中晚期阶段，导致本研究结果的可推广性较差，未来研究应扩大样本范围以增强结果的可推广性。

参 考 文 献

Albert, D., & Steinberg, L. (2011). Judgment and decision making in adolescence. *Journal of Research on Adolescence, 21*(1), 211–224.

Beer, J. S. (2014). Exaggerated positivity in self-evaluation: A social neuroscience approach to reconciling the role of self-esteem protection and cognitive bias. *Social and Personality Psychology Compass, 8*(10), 583–594.

Ben-Zur, H., & Zeidner, M. (2009). Threat to life and risk-taking behaviors: A review of empirical findings and explanatory models. *Personality and Social Psychology Review, 13*(2), 109–128.

Bernichon, T., Cook, K. E., & Brown, J. D. (2003). Seeking self-evaluative feedback: The interactive role of global self-esteem and specific self-views. *Journal of Personality and Social Psychology, 84*(1), 194–204.

Brechwald, W. A., & Prinstein, M. J. (2011). Beyond homophily: A decade of advances in understanding peer influence processes. *Journal of Research on Adolescence, 21*(1), 166–179.

Casey, B. J., Jones, R. M., & Hare, T. A. (2008). The adolescent brain. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1124*(1), 111–126.

Cavallo, J. V., Holmes, J. G., Fitzsimons, G. M., Murray, S. L., & Wood, J. V. (2012). Managing motivational conflict: How self-esteem and executive resources influence self-regulatory responses to risk. *Journal of Personality and Social Psychology, 103*(3), 430–451.

Chein, J., Albert, D., O'Brien, L., Uckert, K., & Steinberg, L. (2011). Peers increase adolescent risk taking by enhancing activity in the brain's reward circuitry. *Developmental Science, 14*(2), F1–F10.

Connor, J. M., Poyrazli, S., Ferrer-Wreder, L., & Grahame, K. M. (2004). The relation of age, gender, ethnicity, and risk behaviors to self-esteem among students in nonmainstream schools. *Adolescence, 39*(155), 457–473.

Critcher, C. R., & Dunning, D. (2015). Self-affirmations provide a broader perspective on self-threat. *Personality and Social Psychology Bulletin, 41*(1), 3–18.

Danielsson, M., & Bengtsson, H. (2016). Global self-esteem and the processing of positive information about the self. *Personality and Individual Differences, 99*, 325–330.

DeMartini, K. S., Leeman, R. F., Corbin, W. R., Toll, B. A., Fucito, L. M., Lejuez, C. W., & O'Malley, S. S. (2014). A new look at risk-taking: Using a translational approach to examine risk-taking behavior on the balloon analogue risk task. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 22*(5), 444–452.

Dou, K., Nie, Y. G., Wang, Y. J., & Li, J. B. (2014). Ego depletion promotes risk-taking behavior. *Journal of Psychological Science, 37*(1), 150–155.

[窦凯, 聂衍刚, 王玉洁, 黎建斌. (2014). 自我损耗促进冒险行为. *心理科学, 37*(1), 150–155.]

Dou, K., Nie, Y. G., Wang, Y. J., Li, J. B., & Shen, W. B. (2014). Ego depletion promotes impulsive decision: Evidences from behavioral and ERPs studies. *Acta Psychologica Sinica, 46*(10), 1564–1579.

[窦凯, 聂衍刚, 王玉洁, 黎建斌, 沈汪兵. (2014). 自我损耗促进冲动决策: 来自行为和 ERPs 的证据. *心理学报, 46*(10), 1564–1579.]

Duell, N., Steinberg, L., Chein, J., Al-Hassan, S. M., Bacchini, D., Lei, C.,... Alampay, L. P. (2016). Interaction of reward seeking and self-regulation in the prediction of risk taking: A cross-national test of the dual systems model. *Developmental Psychology, 52*(10), 1593–1605.

Fischer, P., Kastenmüller, A., & Asal, K. (2012). Ego depletion increases risk-taking. *The Journal of Social Psychology, 152*(5), 623–638.

Gibbons, F. X., Eggleston, T. J., & Benthin, A. C. (1997). Cognitive reactions to smoking relapse: The reciprocal relation between dissonance and self-esteem. *Journal of Personality and Social Psychology, 72*(1), 184–195.

Goldstein, R. Z., Parvaz, M. A., Maloney, T., Alia-Klein, N., Woicik, P. A., Telang, F., … Volkow, N. D. (2008). Compromised sensitivity to monetary reward in current cocaine users: An ERP study. *Psychophysiology, 45*(5), 705–713.

Hale, W. J., Perrotte, J. K., Baumann, M. R., & Garza, R. T. (2015). Low self-esteem and positive beliefs about smoking: A destructive combination for male college students. *Addictive Behaviors, 46*, 94–99.

Hansen, E. B., & Breivik, G. (2001). Sensation seeking as a predictor of positive and negative risk behaviour among adolescents. *Personality and Individual Differences*, *30*(4), 627–640.

Harper, J., Malone, S. M., & Bernat, E. M. (2014). Theta and delta band activity explain N2 and P3 ERP component activity in a go/no-go task. *Clinical Neurophysiology, 125*(1), 124–132.

Jessor, R. (1987). Problem-behavior theory, psychosocial development, and adolescent problem drinking. *British Journal of Addiction, 82*(4), 331–342.

Ji, Y. F., & Yu, X. (1999). Self-esteem scale. In X. D. Wang, X. L. Wang, & H. Ma (Eds.), *Rating scales for mental health* (enlarged edition, pp. 318–320). Beijing, China: Chinese Mental Health Journal.

[季益富, 于欣. (1999). 自尊量表. 见 汪向东, 王希林, 马弘(主编), *心理卫生评定量表手册*(增订版, pp. 318–320). 北京: 中国心理卫生杂志.]

Jordan, C. H., Logel, C., Spencer, S. J., Zanna, M. P., Wood, J. V., & Holmes, J. G. (2013). Responsive low self-esteem: Low explicit self-esteem, implicit self-esteem, and reactions to performance outcomes. *Journal of Social and Clinical Psychology, 32*(7), 703–732.

Josephs, R. A., Larrick, R. P., Steele, C. M., & Nisbett, R. E. (1992). Protecting the self from the negative consequences of risky decisions. *Journal of Personality and Social Psychology, 62*(1), 26–37.

Langeslag, S. J. E., Jansma, B. M., Franken, I. H. A., & van Strien, J. W. (2007). Event-related potential responses to love-related facial stimuli. *Biological Psychology, 76*(1-2), 109–115.

Leary, M. R., & Baumeister, R. F. (2000). The nature and function of self-esteem: Sociometer theory. *Advances in Experimental Social Psychology, 32*, 1–62.

Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L.,... Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied, 8*(2), 75–84.

Li, H. J., Jia, L., Luo, J. L., Yang, J., Zhang, Q. L., & Li, B. B. (2013). Attentional bias among individuals with low self-esteem: An event-related potential study. *Psychological Development and Education, 29*(1), 2–9.

[李海江, 贾磊, 罗俊龙, 杨娟, 张庆林, 李冰冰. (2013). 低自尊个体注意偏向的 ERP 研究. *心理发展与教育, 29*(1), 2–9.]

Logue, S., Chein, J., Gould, T., Holliday, E., & Steinberg, L. (2014). Adolescent mice, unlike adults, consume more alcohol in the presence of peers than alone. *Developmental Science, 17*(1), 79–85.

Marigold, D. C., Cavallo, J. V., Holmes, J. G., & Wood, J. V. (2014). You can't always give what you want: The challenge of providing social support to low self-esteem individuals. *Journal of Personality and Social Psychology, 107*(1), 56–80.

Marini, F., Marzi, T., & Viggiano, M. P. (2011). "Wanted!" The effects of reward on face recognition: Electrophysiological correlates. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience, 11*(4), 627–643.

Marshall, S. L., Parker, P. D., Ciarrochi, J., & Heaven, P. C. L. (2014). Is self-esteem a cause or consequence of social

support? A 4-year longitudinal study. *Child Development, 85*(3), 1275–1291.

McElroy, T., Seta, J. J., & Waring, D. A. (2007). Reflections of the self: How self-esteem determines decision framing and increases risk taking. *Journal of Behavioral Decision Making, 20*(3), 223–240.

Moore, S., & Gullone, E. (1996). Predicting adolescent risk behavior using a personalized cost-benefit analysis. *Journal of Youth and Adolescence, 25*(3), 343–359.

O'Brien, L., Albert, D., Chein, J., & Steinberg, L. (2011). Adolescents prefer more immediate rewards when in the presence of their peers. *Journal of Research on Adolescence, 21*(4), 747–753.

Rosenberg, M. (1965). *Society and the adolescent self-image*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Sato, A., Yasuda, A., Ohira, H., Miyawaki, K., Nishikawa, M., Kumano, H., & Kuboki, T. (2005). Effects of value and reward magnitude on feedback negativity and P300. *Neuroreport, 16*(4), 407–411.

Schriber, R. A., & Guyer, A. E. (2016). Adolescent neurobiological susceptibility to social context. *Developmental Cognitive Neuroscience, 19*, 1–18.

Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., & Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology, 37*(2), 257–261.

Sherman, L. E., Payton, A. A., Hernandez, L. M., Greenfield, P. M., & Dapretto, M. (2016). The power of the like in adolescence: Effects of peer influence on neural and behavioral responses to social media. *Psychological Science, 27*(7), 1027–1035.

Silva, K., Chein, J., & Steinberg, L. (2016). Adolescents in peer groups make more prudent decisions when a slightly older adult is present. *Psychological Science, 27*(3), 322–330.

Smith, A. R., Chein, J., & Steinberg, L. (2014). Peers increase adolescent risk taking even when the probabilities of negative outcomes are known. *Developmental Psychology, 50*(5), 1564–1568.

Smith, A. R., Steinberg, L., Strang, N., & Chein, J. (2015). Age differences in the impact of peers on adolescents' and adults' neural response to reward. *Developmental Cognitive Neuroscience, 11*, 75–82.

Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental Review, 28*(1), 78–106.

Steinberg, L. (2010). A dual systems model of adolescent risk-taking. *Developmental Psychobiology, 52*(3), 216–224.

Strang, N. M., Chein, J. M., & Steinberg, L. (2013). The value of the dual systems model of adolescent risk-taking. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 223.

Thiruchselvam, R., Blechert, J., Sheppes, G., Rydstrom, A., & Gross, J. J. (2011). The temporal dynamics of emotion regulation: An EEG study of distraction and reappraisal. *Biological Psychology, 87*(1), 84–92.

Tian, L. M. (2006). Shortcoming and merits of Chinese version of Rosenberg (1965) self-esteem scale. *Psychological Exploration, 26*(2), 88–91.

[田录梅. (2006). Rosenberg (1965)自尊量表中文版的美中不足. *心理学探新, 26*(2), 88–91.]

Tian, L. M., Xia, D. Y., Li, Y. M., Shan, N., & Liu, X. (2016). The relationships between positive peer pressure and self-esteem and various risk-taking behaviors of adolescents. *Psychological Development and Education, 32*(3), 349–357.

[田录梅, 夏大勇, 李永梅, 单楠, 刘翔. (2016). 积极同伴压力、自尊对青少年不同冒险行为的影响. *心理发展与教育, 32*(3), 349–357.]

Urretavizcaya, M., Moreno, I., Benlloch, L., Cardoner, N., Serrallonga, J., Menchón, J. M., & Vallejo, J. (2003). Auditory event-related potentials in 50 melancholic patients: Increased N100, N200 and P300 latencies and diminished P300 amplitude. *Journal of Affective Disorders, 74*(3), 293–297.

van der Lubbe, R. H. J., & Woestenburg, J. C. (1997). Modulation of early ERP components with peripheral precues: A trend analysis. *Biological Psychology, 45*(1-3), 143–158.

Weigard, A., Chein, J., Albert, D., Smith, A., & Steinberg, L. (2014). Effects of anonymous peer observation on adolescents' preference for immediate rewards. *Developmental Science, 17*(1), 71–78.

Wu, C. S., Wong, H. T., Shek, C. H., & Loke, A. Y. (2014). Multi-dimensional self-esteem and substance use among Chinese adolescents. *Substance Abuse Treatment, Prevention, and Policy, 9*(1), 42–49.

Wu, Y., & Zhou, X. L. (2009). The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Research, 1286*, 114–122.

Yang, J. (2009). *Heterogeneous high self-esteem and the electrophysiological correlates of self-esteem* (unpublished doctorial dissertation). Southwest University, Chongqing, China.

[杨娟. (2009). *高自尊异质性现象与自尊的神经机制研究* (博士学位论文). 西南大学, 重庆.]

Zhang, Q., Li, X. H., Gold, B. T., & Jiang, Y. (2010). Neural correlates of cross-domain affective priming. *Brain Research, 1329*, 142–151.

Zhou, L. H., & Zhang, X. X. (2012). Adolescent risk-taking and brain development. *Psychological Exploration, 32*(3), 199–203.

[周丽华, 张晓贤. (2012). 青少年高冒险行为与大脑发展. *心理学探新, 32*(3), 199–203.]

Zhou, P. Y., Liu, D. W., Zhou, R. L., Sun, B. L., Xiao, J., & Li, S. (2014). Sensitivity to monetary reward in drug abstainers at different post-drug withdrawal phases: An ERP study. *Chinese Journal of Clinical Psychology, 22*(4), 571–576.

[周平艳, 刘丹玮, 周仁来, 孙本良, 肖洁, 李松. (2014). 不同戒断期毒品戒断者对金钱奖赏敏感性的 ERP 研究. *中国临床心理学杂志, 22*(4), 571–576.]

Effects of peer presence and self-esteem on adolescent risk-taking behavior: Evidence from an ERP study

TIAN Lumei; YUAN Jingchi; LI Yongmei

(*School of Psychology, Shandong Normal University, Jinan* 250358, *China*)

Abstract

Adolescents are known to engage in more risk-taking behaviors (such as smoking, drug use, skiing, and climbing) than children and adults. Previous research has suggested that at least two factors are associated with adolescent risk-taking behavior: one is the presence of a peer, which could activate the brain's reward circuitry and lead to adolescents' more reward preference and risk-taking; the other is self-esteem, high self-esteem individuals are inclined to take part in more risky behaviors, particularly those socially acceptable risky behaviors. However, the interaction between peer presence and self-esteem on adolescent risk-taking behavior is still unclear; especially evidence from ERP studies is rare. With ERP technique, the present study explored the interaction between peer presence and self-esteem on adolescent risk-taking behavior.

According to the scores on Rosenberg's Self-Esteem Scale, 34 participants were chosen from 216 freshmen and were divided into two groups: the 16 students with top scores were in high self-esteem group and the 18 adolescents with lowest scores were in low self-esteem group. Each group was then divided into two subgroups: one was peer presence subgroup in which each adolescent was asked to bring a sex-same peer to come to observe his or her following experiment performance on the Balloon Analogue Risk Task (BART); in the other subgroup without a peer in presence, all participants completed the BART alone. All participants' EEGs were recorded when they were operating BART and their BART values (total number of inflating balloons / number of unexploded balloons) were also calculated as their behavioral index of risk-taking behavior.

Behavioral results indicated that: 1) those adolescents with either a peer in presence or high self-esteem showed more risk-taking behaviors; 2) self-esteem moderated the effect of peer presence on adolescent risk-taking behavior: only for high self-esteem adolescents, did peer presence significantly increase their risk-taking behaviors. The ERP experiment showed similar results: 1) compared to the alone group, the group with a peer in presence demonstrated larger amplitudes of N1, P3 and LPP; and high self-esteem adolescents' P3 and LPP amplitudes were also greater than those with low self-esteem, indicating possibly more risk-taking behaviors; 2) the effect of peer presence was only significant for high self-esteem adolescents who showed greater amplitudes of N1, P3 and LPP components when observed by a peer.

These findings provide ERP evidence for the effects of peer presence and self-esteem on adolescent risk-taking behavior and suggest that adolescents with high self-esteem should be more influenced by their peers on their risk-taking, particularly on that non-negative risk-taking, possibly because they are more sensitive, more exciting, and have a stronger approach motivation to rewards in risk-taking.

Key words risk-taking behavior; peer presence; self-esteem; adolescents; event-related potentials